

# Actions via la plante

## Interactions entre l'architecture de la plante et les bio-agresseurs

Pierre-Éric Lauri  
Frédéric Normand

1. L'architecture de la plante et la morphologie des organes modulent les infestations et les infections par les bio-agresseurs p. 157
2. Des travaux analysent de manière plus précise les effets directs et indirects de l'architecture sur les interactions plante↔bio-agresseurs p. 159
3. La connaissance des composantes spatiales et temporelles de l'architecture de la plante permet de mieux analyser les relations plante↔bio-agresseur p. 162
4. Conclusion p. 164

Références citées p. 165

L'architecture de la plante conditionne l'habitat et (ou) la nourriture des bio-agresseurs et de leurs ennemis naturels. Il est donc important de considérer l'architecture de la plante individuelle, et par extension du peuplement, pour comprendre le développement des bio-agresseurs dans le couvert végétal.

### L'architecture de la plante en quelques mots

L'analyse architecturale des plantes repose sur l'idée de lois sous-jacentes aux formes observées telles que celles formulées par Corner à partir des années 1940 sur les relations entre taille des fruits et des feuilles, dimensions des axes et degré de ramification (Corner, 1975). Les concepts majeurs ont été développés par Hallé et Oldeman en 1970, puis Hallé *et al.*, en 1978. Barthélémy et Caraglio (2007) ont publié une revue faisant le point sur l'évolution des concepts.

L'architecture des plantes repose sur deux grands concepts :

■ **Le modèle architectural.** Celui-ci est déterminé à partir de quelques critères qualitatifs simples tels que le mode de croissance, monopodial ou sympodial si la branche résulte du fonctionnement d'un seul méristème (premier cas, *ex.* : cerisier) ou de plusieurs méristèmes (second cas, *ex.* : abricotier), ou la position de la sexualité, latérale le long des branches (*ex.* : pêcher) ou terminale (*ex.* : manguier). Un modèle architectural est défini par des modalités de ces critères qualitatifs. Chaque plante peut être décrite par l'un ou l'autre des vingt-trois modèles architecturaux déterminés à ce jour, avec des espèces-types illustrant chacun de ces modèles. Il y a évidemment des architectures d'arbre intermédiaires entre deux ou plusieurs modèles. Selon l'espèce, voire la variété, il est nécessaire d'être plus précis dans la description des traits architecturaux. C'est l'objet de la détermination du diagramme architectural, appelé aussi unité architecturale, développé par Edelin (1984).

■ La **réitération**. Ce processus identifié par Oldeman en 1974 (*in* Hallé *et al.*, 1978) correspond à la répétition, dans une architecture existante, de la totalité ou d'une partie de cette architecture. Elle intervient naturellement au cours de la croissance de la plante. Elle peut également être traumatique si elle est provoquée par une taille par exemple.

La morphologie des organes est étroitement liée à l'architecture de la plante. En effet les dimensions ou la forme d'un organe sont en général dépendantes de sa position architecturale. On parle, en général, d'**architecture** pour caractériser les relations entre organes au sein de la plante, notamment les relations topologiques entre rameaux (*ex.* : l'axe observé est-il la succession linéaire ou une ramification du précédent ?) et de **morphologie** pour caractériser les organes eux-mêmes (forme, longueur, volume, etc.).

# 1. L'architecture de la plante et la morphologie des organes modulent les infestations et les infections par les bio-agresseurs

## Des exemples et leurs interprétations

### Au niveau local, l'effet des dimensions des rameaux

- Les pousses longues du pommier sont plus infestées par le puceron vert que les pousses courtes (Stoeckli *et al.*, 2008a).
- La taille d'hiver du pêcher augmente la fréquence des pousses longues et infestées par le puceron vert (Grechi *et al.*, 2008).

Ces résultats sont bien interprétés par la « *plant vigor hypothesis* » : une augmentation de vigueur correspond à une augmentation du nombre d'organes jeunes à forte appétence pour les pucerons car ayant des tissus plus tendres et une sève plus riche en éléments nutritifs (Price 1991 ; Mody *et al.*, 2009). Mais d'autres processus, tels que la compétition entre points de croissance au sein de la plante, interviennent également. C'est ce que propose la « *sink competition hypothesis* » : la survie des pucerons est plus élevée sur des plantes ayant un faible nombre de points de croissance du fait de leur plus grande richesse en éléments trophiques (Larson et Whitham, 1997).

#### **Au niveau de la plante entière et du peuplement, l'effet des dimensions de la plante**

- Infestation du chêne pédonculé par des insectes herbivores : la hauteur de l'arbre augmente les infestations (Castagneyrol *et al.*, 2013).
- Infestation du pommier par le carpocapse : les grands arbres sont davantage infestés que les plus petits (Kührt *et al.*, 2006 ; Stoeckli *et al.*, 2008b).

On interprète ces résultats par le fait que plus un arbre est grand par rapport à ses voisins, plus il filtre les flux d'air et intercepte les insectes volants et les vecteurs de maladies.

#### **Dans le contexte des relations entre une plante sensible et un pathogène virulent, on peut observer une absence ou un ralentissement de l'infection de la plante qui peuvent être liés à des facteurs architecturaux**

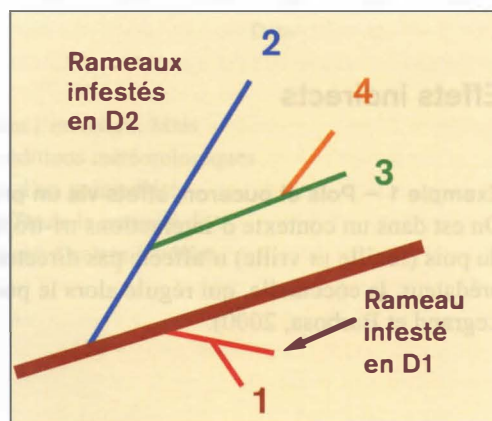
Ando *et al.* (2007) développent l'idée d'« échappement architectural » (*architectural avoidance*) qui fait intervenir des caractéristiques d'organes (pubescence foliaire, taille et forme de feuille, phyllotaxie, longueur de l'entre-nœud...) qui limitent le contact du pathogène avec la plante-hôte ou qui lui créent un environnement défavorable. Il existe également des différences de sensibilité selon l'ontogénèse de l'organe : on parle alors de « résistance ontogénique » (ex. : une feuille jeune de pommier est plus sensible à la tavelure, maladie fongique, qu'une feuille âgée) dans laquelle la présence de cire ou l'ouverture des stomates peuvent jouer un rôle.

## 2. Des travaux analysent de manière plus précise les effets directs et indirects de l'architecture sur les interactions plante↔bio-agresseurs

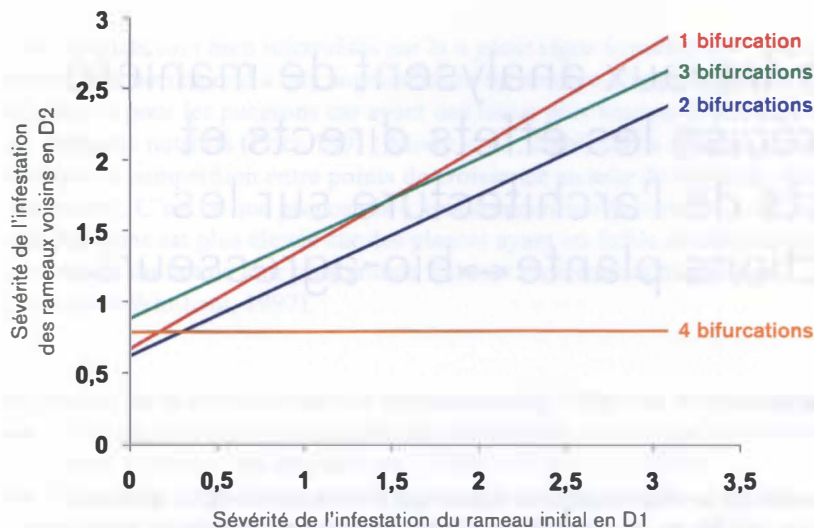
### Effets directs

Le puceron cendré est un insecte piqueur-suceur qui n'est nuisible qu'au pommier. Il peut provoquer des dégâts très importants sur les rameaux en croissance durant sa phase de multiplication printanière qui s'accompagne de déambulation sur les branches. La topologie de la branche du pommier module l'infestation par le puceron cendré : le nombre de bifurcations entre deux rameaux en croissance est la variable architecturale majeure conditionnant le succès de l'infestation par ce ravageur dans sa phase de déambulation (Simon *et al.*, 2012).

Ensemble ramifié montrant un rameau infesté en date D1, et les rameaux secondairement infestés en date D2 (les chiffres figurent le nombre de bifurcations à partir du rameau infesté en D1).







Relation entre la sévérité de l'infestation à la date D1, et la sévérité d'infestation des rameaux voisins à la date D2 (la sévérité est le nombre de pucerons par pousse, ici groupés en classes).

Plus le nombre de bifurcations entre le rameau infesté initialement et les rameaux voisins est élevé, moins les rameaux voisins seront infestés.

## Effets indirects

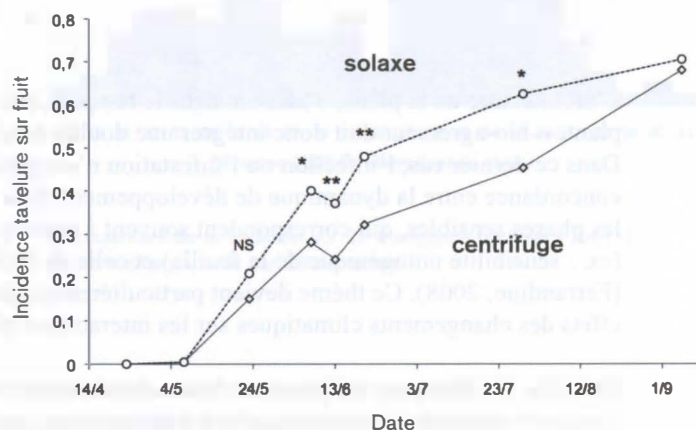
### Exemple 1 – Pois et puceron, effets via un prédateur

On est dans un contexte d'interactions tri-trophiques où l'architecture de la feuille du pois (feuille vs vrille) n'affecte pas directement le puceron mais affecte le prédateur, la coccinelle, qui régule alors le puceron (Kareiva et Sahakian, 1990 ; Legrand et Barbosa, 2000).

**Exemple 2 – Pommier et tavelure, effets via le micro-climat résultant d'une architecture d'arbre modifiée par la conduite (Simon *et al.*, 2006).**

La tavelure du pommier affecte les feuilles et les fruits. Elle rend ces derniers invendables. Un mode de conduite a été développé pour améliorer la régularité de la production et la qualité du fruit via des tailles sélectives à l'intérieur même de la frondaison (conduite centrifuge). Il augmente la porosité de l'arbre à la lumière et à l'air (Willaume *et al.*, 2004). On le compare à un autre mode de conduite, le solaxe, où la frondaison reste plus compacte.

Dynamiques d'infection des fruits par la tavelure sur les conduites centrifuge et solaxe. On mesure ici l'incidence qui est le nombre de fruits ayant au moins une lésion en proportion du total des fruits.



La conduite centrifuge diminue globalement l'infection. Mais ces différences peuvent s'annuler si les conditions météorologiques deviennent massivement défavorables (cas d'un orage d'été peu avant la récolte, le 1<sup>er</sup> septembre). L'effet de la porosité de la frondaison sur les infections est analysé sur d'autres modèles végétaux (Ferrandino, 2008).

### 3. La connaissance des composantes spatiales et temporelles de l'architecture de la plante permet de mieux analyser les relations plante↔bio-agresseur

L'architecture de la plante s'élabore dans le temps. L'analyse des relations plante↔bio-agresseur doit donc intégrer une double échelle, spatiale et temporelle. Dans ce dernier cas, l'infection ou l'infestation n'est possible que s'il y a concordance entre la dynamique de développement de la plante déterminant les phases sensibles, qui correspondent souvent à certains stades phénologiques (ex. : sensibilité ontogénique de la feuille) et celle de multiplication du bio-agresseur (Ferrandino, 2008). Ce thème devient particulièrement important dans l'analyse des effets des changements climatiques sur les interactions plantes↔bio-agresseurs.

#### **Exemple 1 – Manguier ou goyavier-fraise et mouches des fruits.**

Certaines mouches des fruits piquent les mangues ou les goyaves-fraises (Normand *et al.*, 2000) à l'approche de la maturité du fruit.

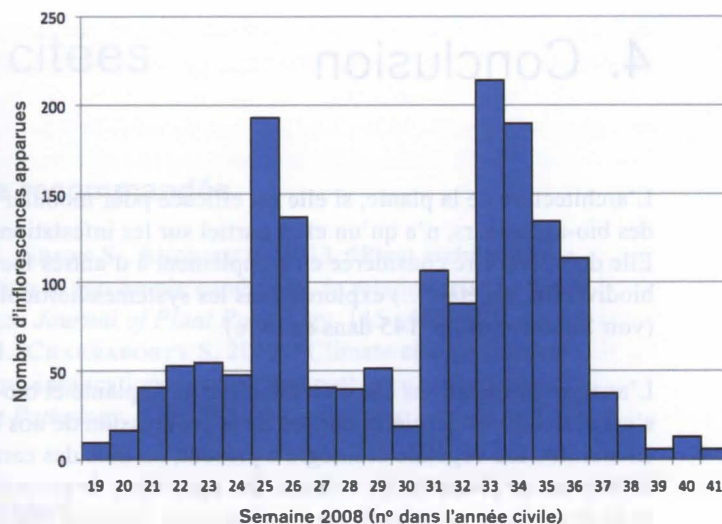
#### **Exemple 2 – Manguier et cécidomyie des fleurs.**

Le manguier présente, comme beaucoup d'arbres tropicaux, des décalages, ou asynchronismes, phénologiques : les rameaux ne se développent pas tous en même temps dans un même arbre et entre arbres. Ils entraînent dans un verger une persistance des stades sensibles. La cécidomyie des fleurs du manguier est un ravageur de la floraison d'importance économique. Cette espèce se reproduit également sur les jeunes unités de croissance (Amouroux et Normand, 2013). Les asynchronismes phénologiques végétatifs et reproducteurs du manguier permettent aux populations de ce ravageur de persister et de se multiplier pendant plusieurs mois dans les vergers. Ils augmentent ainsi le stock de larves en diapause dans le sol et favorisent les infestations massives au moment de la floraison suivante.





Asynchronisme de la floraison  
au sein d'un manguier.  
(© Frédéric Normand)



Déroulement de la floraison sur 25 manguiers (cultivar « José »)  
d'une même parcelle sur 23 semaines

On montre que certaines variables architecturales de l'arbre sont corrélées aux rythmes d'apparition des rameaux et donc déclenchent et entretiennent ces asynchronismes. Ainsi, pour le manguier, il existe une relation, probablement causale, entre la nature végétative ou reproductrice d'un axe et la date de débournement des bourgeons qu'il porte (Dambreville *et al.*, 2013).

Des études sont en cours pour modéliser ces interactions et valider les effets de pratiques culturales (taille, irrigation) sur les modifications de l'architecture des arbres dans l'objectif de limiter les asynchronismes et donc à terme les ravageurs.

## 4. Conclusion

L'architecture de la plante, si elle est efficace pour moduler la propagation des bio-agresseurs, n'a qu'un effet partiel sur les infestations et infections. Elle doit donc être considérée en complément à d'autres facteurs (faune auxiliaire, biodiversité végétale...) explorés dans les systèmes horticoles innovants (voir Simon *et al.*, p. 145 dans ce livre).

L'analyse des relations entre architecture de la plante et bio-agresseurs s'est enrichie ces dernières années de la progression de nos connaissances en architecture végétale et intègre à présent, au-delà des caractères globaux de hauteur de plante ou de volume, des caractères de porosité de la frondaison et de dynamique temporelle de l'architecture : mise en place des organes (phénologie) et croissance.

Ces travaux ouvrent la voie à des expérimentations de pratiques culturales pour limiter les dégâts par les bio-agresseurs. On peut en effet agir directement sur l'architecture de la plante via des densités de plantation, des tailles appropriées, ou des périodicités d'irrigation et de fertilisation.

Ces interactions entre architecture de la plante et bio-agresseurs constituent un axe de recherche en développement. On note, pour la France, le réseau EpiArch (<http://ephytia.inra.fr/index.php?portail=Agrescience&produit=epiarch>), l'ANR ArchiDemio (2009-2012) avec le colloque à Rennes (juillet 2012 ; numéro spécial *European Journal of Plant Pathology* en 2013).

# Références citées

## Articles de synthèse recommandés

- COSTES E., LAURI P.-É., SIMON S., ANDRIEU B. 2013. "Plant architecture, its diversity and manipulation in agronomic conditions, in relation with pest and pathogen attacks." *European Journal of Plant Pathology*, 135 : 455-470.
- PANGGA I.B., HANAN J., CHAKRABORTY S. 2013. "Climate change impacts on plant canopy architecture: implications for pest and pathogen management." *European Journal of Plant Pathology*, 135 : 595-610.

## Autres références citées

- AMOUROUX P., NORMAND F. 2013. Survey of mango pests on Reunion Island, with a focus on pests affecting flowering. *Acta Horticulturae*, 992 : 459-466.
- ANDO K., GRUMET R., TERPSTRA K., KELLY J.D. 2007. "Manipulation of plant architecture to enhance crop disease control." CAB Reviews: *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2, n° 26. <http://www.cababstractsplus.org/cabreviews>.
- BARTHÉLÉMY D., CARAGLIO Y. 2007. "Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny." *Annals of Botany*, 99 : 375-407.
- CASTAGNEYROL B., GIFFARD B., PÉRÉ C., JACTEL H. 2013. "Plant apparency, an overlooked driver of associational resistance to insect herbivory." *Journal of Ecology*, 101 : 418-429.
- CORNER E.J.H. 1975. "Prototropic organisms. XIII. Tropical trees, Thick twig, big leaf." *Theoria to theory*, 9 : 33-43.
- DAMBREVILLE A., LAURI P.-É., TROTTIER C., GUÉDON Y., NORMAND F. 2013. "Deciphering structural and temporal interplays during the architectural development of mango trees." *Journal of Experimental Botany*, 64 : 2467-2480.
- EDELIN C. 1984. *L'Architecture monopodiale : l'exemple de quelques arbres d'Asie tropicale*. Thèse de Doctorat, Université des Sciences, Montpellier 2, 258 p.

- FERRANDINO F.J. 2008. "Effect of crop growth and canopy filtration on the dynamics of plant disease epidemics spread by aerially dispersed spores." *Phytopathology*, 98 : 492-503.
- GRECHI I., SAUGE M.H., SAUPHANOR B., HILGERT N., SENOUSSE R., LESCOURET F. 2008. "How does winter pruning affect peach tree — *Myzus persicae* interactions?" *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128 : 369-379.
- HALLÉ F., OLDEMAN R.A.A. 1970. *Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux*. Masson et C<sup>ie</sup>. Paris.
- HALLÉ F., OLDEMAN R.A.A., TOMLINSON P.B. 1978. *Tropical trees and forests*. Springer-Verlag, Berlin.
- KAREIVA P., SAHAKIAN R. 1990. "Tritrophic effects of a simple architectural mutation in pea plants." *Nature*, 345 : 433-434.
- KÜHRT U., JÖRG SAMIETZ J., DORN S. 2006. "Effect of plant architecture and hail nets on temperature of codling moth habitats in apple orchards." *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 118 : 245-259.
- LARSON K.C., WHITHAM T.G. 1997. "Competition between gall aphids and natural plant sinks: plant architecture affects resistance to galling." *Öecologia*, 109 : 575-582.
- LEGRAND A., BARBOSA P. 2000. "Pea aphid (*Homoptera: Aphididae*) fecundity, rate of increase, and within-plant distribution unaffected by plant morphology." *Environmental Entomology*, 29 : 987-993.
- MODY K., EICHENBERGER D., DORN S. 2009. "Stress magnitude matters: different intensities of pulsed water stress produce non-monotonic resistance responses of host plants to insect herbivores." *Ecological Entomology*, 34 : 133-143.
- NORMAND F., QUILICI S., SIMIAND C. 2000. "Seasonal occurrence of fruit flies in strawberry guava (*Psidium cattleianum* Sabine) in Reunion Island: host phenology and fruit infestation." *Fruits*, 55 : 271-281.
- PRICE W.P. 1991. "The plant vigor hypothesis and herbivore attack." *Oikos*, 62 : 244-251.
- SIMON S., LAURI P.-É., BRUN L., DEFRANCE H., SAUPHANOR B. 2006. "Does fruit-tree architecture manipulation affect the development of pests and pathogens? — A case study in apple orchard." *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 81 : 765-773.
- SIMON S., MOREL K., DURAND E., BREVALLE G., GIRARD T., LAURI P.-É. 2012. "Aphids at crossroads: when branch architecture alters aphid infestation patterns in the apple tree." *Trees Structure and Function*, 26 : 273-282.

- STOECKLI S., MODY K., DORN S. 2008a. "Aphis pomi (*Hemiptera: Aphididae*) population development, shoot characteristics, and antibiosis resistance in different apple genotypes." *Journal of Economical Entomology*, 101 : 1341-1348.
- STOECKLI S., MODY K., DORN S. 2008b. "Influence of canopy aspect and height on codling moth (*Lepidoptera: Tortricidae*) larval infestation in apple, and relationship between infestation and fruit size." *Journal of Economical Entomology*, 101 : 81-89.
- WILLAUME M., LAURI P.-É., SINOQUET H. 2004. "Light interception in apple trees influenced by canopy architecture manipulation." *Trees Structure and Function*, 18 : 705-713.